

ESTIMATIVAS DE HERDABILIDADE E DE CORRELAÇÕES FENOTÍPICAS PARA ALGUNS CARACTERES, EM QUATRO MUTANTES NATURAIS EM SOJA¹

JOÃO LUIZ GILIOLI², TUNEO SEDIYAMA, JOSÉ CARLOS SILVA³, JOSÉ TARCÍSIO LIMA THIÉBAUT e MÚCIO SILVA REIS⁴

RESUMO - Estimaram-se a herdabilidade e as correlações fenotípicas para alguns caracteres, em quatro populações F_2 , em soja. Estas populações foram oriundas dos cruzamentos entre as variedades 'Paraná', 'São Luiz', 'Viçosa' e 'Hardee' e seus respectivos mutantes de floração e de maturação tardia, Paranaoiana, PR77-10001, UFV-1 e IAC74-2736-10. As estimativas de herdabilidade para a estatura da planta na floração, para os quatro cruzamentos, foram coerentemente maiores que as obtidas na maturação, mostrando que para o mesmo caráter ocorrem fases, no desenvolvimento da soja, em que a aplicação de seleção deve ser mais eficaz. Para o cruzamento Paraná x Paranaoiana, foi obtida correlação positiva entre os caracteres "ponto de inserção da primeira folha" e "ponto do primeiro legume", evidenciando a existência de uma relação nó x folha x legume para algumas variedades. Esta relação implica que o ponto de inserção do primeiro legume na planta depende diretamente do ponto de inserção da primeira folha.

Termos para indexação: herdabilidade, correlações fenotípicas, soja.

ESTIMATES OF HERITABILITY AND PHENOTYPIC CORRELATIONS OF SEVERAL CHARACTERS, IN FOUR NATURAL MUTANTS IN SOYBEANS

ABSTRACT - Heritability and phenotypic correlations were estimated for several characters in four F_2 populations of soybeans. These F_2 populations were derived from the crosses among the varieties 'Paraná', 'São Luiz', 'Viçosa' and 'Hardee' with their respective natural mutants of later flowering and maturation date, Paranaoiana, PR77-10001, UFV-1, and IAC74-2736-10. The estimates of heritability for plant height at flowering in the four crosses were greater than the estimates at maturation showing that for the same character there exist phases in the development of soybeans where the application of selection may be more effective. For the cross Paraná x Paranaoiana, a positive correlation was obtained between the characters height of insertion of the first leaf and height of first pod, showing a relationship between leaf x pod for these genotypes.

Index terms: heritability, phenotypic correlations, soybeans.

INTRODUÇÃO

Um aspecto genético de grande valor para o melhoramento de plantas, e que deve receber atenção especial dos melhoristas, é a estimativa da herdabilidade.

A sua importância repousa no seu relacionamento direto com a resposta à seleção, indicando a eficácia da seleção de genótipos superiores baseada no comportamento fenotípico (Johnson et al. 1955). Entretanto, o coeficiente de herdabilidade não é uma propriedade de um caráter em si, mas sim a

propriedade de um caráter para determinada população testada em determinado ambiente (Falconer 1976). Portanto, o melhorista normalmente não pode extrapolar valores de herdabilidade para outras populações ou condições de ambiente, diferentes daquele em que foi estudado.

Outro parâmetro de importância, no melhoramento, é o coeficiente de correlação entre os caracteres. A existência de correlação entre dois caracteres pode ser atribuída à ação dos mesmos fatores genéticos ou à resposta semelhante à influência do ambiente. Assim, se as correlações genéticas existentes entre dois caracteres forem altas, é possível obter-se resposta indireta compensadora para um caráter de baixa herdabilidade através da seleção de outro a ele associado (Brim 1976, Falconer 1976).

Em função das considerações apresentadas, fica evidenciada a necessidade de se estudar a herdabilidade e correlações em populações e ambiente par-

¹ Aceito para publicação em 25 de fevereiro de 1980. Parte da tese de mestrado apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal de Viçosa (UFV).

² Eng.^o Agr.^o, M.Sc., Centro Nacional de Pesquisa de Soja (CNPSo) - EMBRAPA, Caixa Postal 1061, CEP 86.100 Londrina, PR.

³ Eng.^o Agr.^o, Ph.D., Universidade Federal de Viçosa, (UFV), CEP 36.570 - Viçosa, MG.

⁴ Eng.^o Agr.^o, M.Sc., UFV, Viçosa, MG.

ticulares. Assim, realizou-se o presente trabalho, em soja, com o objetivo de estimar os valores de herdabilidade e de correlações fenotípicas para alguns caracteres, em quatro mutantes da floração e maturação tardia, portanto, de grande interesse para as regiões de baixa latitude do Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Realizaram-se quatro cruzamentos, envolvendo os genótipos precoces e os respectivos genótipos de floração e de maturação tardia, considerados como mutantes naturais dos primeiros. Assim, os seguintes cruzamentos foram realizados: Paraná x Paranagoiana, São Luiz x PR77-10001, Viçosa x UFV-1 e Hardee x IAC 74-2736-10. Os genótipos Paranagoiana, PR77-10001, UFV-1 e IAC 74-2736-10 são de floração e de maturação tardia e considerados como oriundos de mutações gênicas, ocorridas, respectivamente, nas variedades 'Paraná', 'São Luiz', 'Viçosa' e 'Hardee'. De cada F_1 obteve-se a geração F_2 respectiva.

Para avaliação dos pais e F_2 's, foi instalado um experimento, em 21 de novembro de 1978, em área pertencente à Universidade Federal de Viçosa, MG. Utilizou-se o esquema de parcelas subdivididas no delineamento em blocos casualizados, com cinco repetições. A parcela era formada por cinco fileiras de 2 m de comprimento, espaçadas entre si de 1 m e representava os cruzamentos, enquanto que a subparcela era constituída por plantas F_2 (três fileiras) e pelos seus respectivos genitores (duas fileiras). A densidade de semeadura foi de 20 sementes/m.

Estimaram-se, nas populações F_2 , os valores de herdabilidade no sentido amplo e os coeficientes de correlações fenotípicas, baseados em plantas individuais, para os seguintes caracteres:

- Dias para floração: a floração foi anotada quando da abertura da primeira flor na planta;
- Dias para a maturação: a maturação foi anotada quando 95% dos legumes apresentaram-se maduros;
- Período da floração à maturação: período, em dias, compreendido entre a abertura da primeira flor e a ocorrência de 95% de legumes maduros;
- Estatura da planta na floração: distância, em centímetros, compreendida entre o nível do solo e o ápice da planta;
- Estatura da planta na maturação: distância, em cm, compreendida entre o nível do solo e o ápice da planta;
- Ponto de inserção da primeira folha: distância, em cm, entre o nível do solo e a primeira folha encontrada na haste principal ou na haste lateral da planta. As avaliações foram efetuadas na floração;
- Ponto de inserção do primeiro legume: distância, em cm, desde o nível do solo até o primeiro legume encontrado na haste principal ou lateral da planta. As avaliações foram realizadas na maturação;

h. Número de entrenós: obtido pela sua contagem na haste principal.

Com exceção dos três primeiros caracteres, os demais foram avaliados em uma amostra de 20 plantas por repetição, localizadas na parte central das parcelas, deixando-se uma bordadura de 0,50 m em cada extremidade das mesmas.

A herdabilidade foi calculada conforme Mahmud & Kramer (1951):

$$h^2 = \frac{\sigma^2 F_2 \cdot \sqrt{\sigma^2 P_1 \cdot \sigma^2 P_2}}{\sigma^2 I_2}, \text{ em que:}$$

$\sigma^2 I_2$ = variância total na população F_2 (genética e ambiente) e

$(\sigma^2 P_1 \cdot \sigma^2 P_2)^{1/2}$ = variância de ambiente, baseada na média da variância existente dentro dos genitores homocigotos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estimativas de herdabilidade são apresentadas na Tabela 1. Os valores mais altos foram obtidos para o caráter "dias para a floração" e variaram de 0,88 a 0,98, e foram seguidos por "dias para a maturação", cujos valores ficaram entre 0,79 a 0,92. Estes resultados concordam com os apresentados por Brim (1976), os quais são de 0,65 a 0,91 e 0,75 a 0,94 para "dias para a floração" e "dias para maturação", respectivamente. A herdabilidade de 0,98, obtida para dias para a floração, foi o valor mais alto encontrado para este caráter. Entretanto, sua estimativa não é surpreendente, visto que neste estudo, o grau de parentesco entre os pares de genitores é extremamente alto, pois ambos diferem em apenas um gene (Gilioli 1979). Este fato implica que os efeitos do ambiente são de menor expressão sobre a manifestação fenotípica do caráter "floração", justificando o valor encontrado.

Para o período da floração à maturação, as estimativas de herdabilidade variaram de 0,27 a 0,55, as quais estão abaixo daquelas mencionadas na literatura. Assim, estimativas entre 0,46 a 0,81 são citadas por Brim (1976) e Camacho (1974), e observadas em gerações F_3 ou posteriores.

As herdabilidades para estatura da planta, avaliadas na floração e na maturação, foram diferentes. Os valores obtidos na floração foram consis-

tentemente maiores do que os obtidos na maturação e variaram de 0,68 a 0,87. Isto faz supor que para um mesmo caráter devem existir fases, no desenvolvimento da soja, em que a aplicação da seleção seja mais eficaz.

Para número de entrenós, ponto de inserção do primeiro legume e da primeira folha, as estimativas de herdabilidade variaram de 0,63 a 0,00. O valor mais baixo encontrado foi para o ponto de inserção do primeiro legume, para o cruzamento entre

TABELA 1. Variâncias fenotípicas dos genitores ($\sigma^2 P_1$ e $\sigma^2 P_2$), gerações F_1 ($\sigma^2 F_1$) e F_2 ($\sigma^2 F_2$) e valores de herdabilidade no sentido amplo, para oito caracteres, em quatro cruzamentos em soja. Semeadura de 21 de novembro de 1978, Viçosa, MG.

Caracteres	$\sigma^2 P_1$	$\sigma^2 P_2$	$\sigma^2 F_1$	$\sigma^2 F_2$	Herdabilidade
Paraná x Paranagoiana					
Floração (dias)	2,74	7,77	1,56	162,44	0,97
Maturação (dias)	9,88	21,84	8,28	193,00	0,92
Período flor. - mat. (dias)	11,47	24,01	14,59	35,53	0,53
Estatura planta flor. (cm)	19,19	101,60	13,79	272,38	0,84
Estatura planta mat. (cm)	30,29	190,85	16,95	314,64	0,76
Número de entrenós	0,90	6,55	2,06	6,05	0,60
Ponto de inserção legume (cm)	19,30	92,59	14,51	77,12	0,45
Ponto inserção folha flor. (cm)	10,66	27,77	7,96	46,20	0,63
São Luiz x PR77-10001					
Floração (dias)	5,60	1,55	3,53	79,36	0,96
Maturação (dias)	11,86	14,93	7,30	93,50	0,86
Período flor. - mat. (dias)	18,47	9,67	20,67	18,38	0,27
Estatura planta flor. (cm)	24,57	35,27	19,77	205,76	0,86
Estatura planta mat. (cm)	21,92	44,63	47,05	138,52	0,77
Número de entrenós	2,61	2,89	3,20	7,04	0,61
Ponto de inserção legume (cm)	23,04	57,90	10,38	79,50	0,54
Ponto inserção folha flor. (cm)	11,21	26,59	17,39	44,47	0,61
Viçosa x UFV-1					
Floração (dias)	4,65	2,43	2,43	27,55	0,88
Maturação (dias)	25,99	3,30	16,58	44,57	0,79
Período flor. - mat. (dias)	13,54	5,58	11,47	15,85	0,45
Estatura planta flor. (cm)	30,78	54,76	44,78	152,02	0,73
Estatura planta mat. (cm)	50,83	40,52	48,12	143,63	0,68
Número de entrenós	1,34	1,81	1,05	3,22	0,52
Ponto de inserção legume (cm)	30,00	108,81	20,12	50,47	α
Ponto inserção folha flor. (cm)	9,58	16,81	2,97	14,65	0,13
Hardee x IAC74-2736-10					
Floração (dias)	3,02	2,26	20,80	180,21	0,98
Maturação (dias)	10,05	13,76	0,67	142,86	0,92
Período flor. - mat. (dias)	6,83	8,93	21,87	17,52	0,55
Estatura planta flor. (cm)	36,04	97,09	21,87	444,95	0,87
Estatura planta mat. (cm)	33,40	143,62	35,20	261,36	0,73
Número de entrenós	2,21	14,05	2,80	8,75	0,36
Ponto de inserção legume (cm)	28,52	64,99	31,07	63,98	0,33
Ponto inserção folha flor. (cm)	9,57	44,79	16,67	26,57	0,22

α Herdabilidade para o ponto de inserção do legume não foi apresentada, pois seu valor foi negativo, e, assim, representa a estimativa de um valor nulo.

as variedades Viçosa x UFV-1, o qual foi negativo. Mas, como a herdabilidade varia de 0 a 1, deve-se considerá-lo como estimativa de zero, indicando que existe pouca variabilidade genética para o caráter entre os referidos genitores.

O caráter "ponto de inserção do primeiro legume" parece ser de herança quantitativa, sendo, portanto, muito afetado pelo ambiente. Desta forma, Martin (1972), estudando a herança desse caráter, verificou que os dados apresentavam uma distribuição aproximadamente normal, com ligeira assimetria, ocasionada pelos genitores com baixo ponto de inserção do primeiro legume. Além disso, observa-se, na Tabela 1, que a variância da população F_1 para o referido caráter é menor que os valores encontrados para ambos os genitores. Em função dessas diferenças, é possível admitir-se que a variância de ambiente seja reduzida na população F_2 , dada a presença teórica de 50% de heterozigose, com as plantas heterozigotas dando maior estabilidade, em face das variações de ambiente, por causa da maior versatilidade bioquímica dos heterozigotos, os quais podem ajustar melhor os seus mecanismos fisiológicos (Falconer 1976), explicando, portanto, o valor negativo de herdabilidade obtido.

A ampla variação entre as estimativas de herdabilidade, para o caráter e em diferentes cruzamentos, é esperada, visto que a herdabilidade varia com a população e o ambiente testado.

Na Tabela 1, nota-se que, para os oito caracteres estudados em, praticamente, todos os casos, a variância de ambiente dentro dos genótipos tardios ($\sigma^2 P_2$) é maior que nos genótipos precoces ($\sigma^2 P_1$). É provável que o genótipo tardio, por ter um processo de crescimento mais lento e por permanecer mais tempo no campo, receba maiores variações do meio, sendo, portanto, mais afetado. É possível que haja também algum efeito de escala.

No que concerne às correlações fenotípicas, os valores calculados são mostrados nas Tabelas 2, 3, 4 e 5. Deve-se considerar que, para o cálculo dos coeficientes de correlação na população F_2 , utilizaram-se plantas individuais, dado que ambos os genitores são altamente aparentados e endogâmicos.

Foram obtidas correlações positivas e significativas, nos quatro cruzamentos, entre o caráter

"dias para a floração" com os caracteres "dias para maturação" e "estatura da planta na floração e na maturação". Estatura da planta na floração está correlacionada positivamente com altas produções, podendo ser usada como critério de seleção (Shanmugasundaram et al. 1977). Conseqüentemente, pode-se concluir que caráter "dias para a floração" também pode ser usado como critério para seleção.

Obteve-se correlação positiva e significativa ($p < 0,05$) em todos os cruzamentos, com exceção do cruzamento 'Hardee x IAC74-2736-10' ($p < 0,01$), entre os caracteres "estatura da planta na maturação" e o "ponto de inserção do primeiro legume". Este resultado concorda com os de Almeida (1979), em estudo com variedades; entretanto, está em desacordo com os de Martin (1972), que obteve correlação variando de -0,13 a 0,06, em geração F_3 .

A obtenção de correlação negativa entre "dias para a floração" e o "período floração a maturação" tem interesse prático para a seleção de cultivares adaptadas a condições de ambiente onde ocorrem geadas ou estiagem nos meses de março e abril. Assim, seria possível alcançar desejável crescimento vegetativo e também reduzir o ciclo da cultivar. Para o cruzamento 'Hardee x IAC74-2736-10' (Tabela 5), foi observada correlação negativa entre estes dois caracteres; assim, para este caso, quando o início da floração foi antecipado, o período da floração à maturação foi ampliado.

Foi detectada correlação positiva entre o "ponto de inserção da primeira folha", avaliada na floração, e o "ponto de inserção do primeiro legume" apenas para o cruzamento Paraná x Paranaoiana (Tabela 2). É provável que, se a avaliação para o "ponto de inserção da primeira folha" for realizada num estádio reprodutivo mais avançado, como, por exemplo, em R_3 ou R_4 , conforme a escala de Fher et al. (1971), resultados mais consistentes de correlação entre estes dois caracteres possam ser obtidos. A presença de correlação positiva sugere a existência de uma relação nó x folha x legume para alguns genótipos. Esta relação implica que o "ponto de inserção do primeiro legume" na planta está diretamente dependente do "ponto de inserção da primeira folha". Desta forma, acredita-se

TABELA 2. Coeficientes de correlações fenotípicas, entre os caracteres: dias para floração, dias para a maturação, estatura da planta na floração, estatura da planta na maturação, ponto de inserção da folha na floração e ponto de inserção do legume, avaliados em plantas, individuais na população F₂ do cruzamento Paraná x Parana-goiana. Semeadura de 21 de novembro de 1978, Viçosa, MG.

	Dias floração	Dias maturação	Período flor. mat.	Estatura planta flor.	Estatura planta mat.	Ponto inserção folha	Ponto inserção legume
Dias para a floração	-	0,93**	0,54**	0,85**	0,84**	0,85**	0,41**
Dias para a maturação		-	0,81**	0,92**	0,77**	0,68**	0,23
Período flor. - mat.			-	0,55**	0,44**	0,22	0,13
Estatura planta flor.				-	0,88**	0,84**	0,32*
Estatura planta mat.					-	0,71**	0,32*
Ponto inserção folha						-	0,52**
Ponto inserção legume							-

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

** significativo ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 3. Coeficientes de correlações fenotípicas entre os caracteres: dias para a floração, dias para a maturação, período floração à maturação, estatura da planta na floração, estatura da planta na maturação, ponto de inserção da folha na floração e ponto de inserção do legume, avaliados em plantas individuais na população F₂ do cruzamento São Luiz x PR77-10001. Semeadura de 21 de novembro de 1978, Viçosa, MG.

	Dias floração	Dias maturação	Período flor. mat.	Estatura planta flor.	Estatura planta mat.	Ponto inserção folha	Ponto inserção legume
Dias para a floração	-	0,84**	- 0,30	0,94**	0,85**	0,60**	0,24
Dias para a maturação		-	0,24	0,77**	0,69**	0,49**	0,13
Período flor. - mat.			-	- 0,31	- 0,26	- 0,17	- 0,11
Estatura planta flor.				-	0,94**	0,62**	0,26
Estatura planta mat.					-	0,60**	0,35*
Ponto inserção folha						-	0,24
Ponto inserção legume							-

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

** significativo ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 4. Coeficientes de correlações fenotípicas entre os caracteres: dias para a floração, dias para a maturação, período floração à maturação, estatura da planta na floração, estatura da planta na maturação, ponto de inserção da folha na floração e ponto de inserção do legume, avaliados em plantas individuais na população F₂ do cruzamento Viçosa x UFV-1. Semeadura de 21 de novembro de 1978, Viçosa, MG.

	Dias floração	Dias maturação	Período flor. mat.	Estatura planta flor.	Estatura planta mat.	Ponto inserção folha	Ponto inserção legume
Dias para a floração	-	0,84**	0,20	0,81**	0,68**	0,54**	0,34*
Dias para a maturação		-	0,68**	0,66**	0,54**	0,31	0,32*
Período flor. - mat.			-	0,11	0,05	- 0,11	0,08
Estatura planta flor.				-	0,91**	0,57**	0,38*
Estatura planta mat.					-	0,55**	0,37*
Ponto inserção folha						-	0,29
Ponto inserção legume							-

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

** significativo ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 5. Coeficientes de correlações fenotípicas entre os caracteres: dias para a floração, dias para a maturação, período floração à maturação, estatura da planta na floração, estatura da planta na maturação, ponto de inserção da folha na floração e ponto de inserção do legume, avaliados em plantas individuais na população F₂ do cruzamento Hardee x IAC74-2736-10. Semeadura de 21 de novembro de 1978, Viçosa, MG.

	Dias floração	Dias maturação	Período flor. mat.	Estatura planta flor.	Estatura planta mat.	Ponto inserção folha	Ponto inserção legume
Dias para a floração	-	0,84**	- 0,52**	0,97**	0,89**	0,22	0,59**
Dias para a maturação		-	0,26	0,80**	0,72**	0,04	0,34*
Período flor. - mat.			-	- 0,52**	- 0,50**	- 0,34*	- 0,55**
Estatura planta flor.				-	0,91**	0,33*	0,62**
Estatura planta mat.					-	0,12	0,64**
Ponto inserção folha						-	0,28
Ponto inserção legume							-

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

** significativo ao nível de 1% de probabilidade.

que a ausência de folha em determinado nó leva, paralelamente, à não-formação do legume no referido nó. Os genótipos que apresentam esta relação possuem, possivelmente, um ponto mais alto de saturação de luz, e, portanto, são cultivares que necessitam de espaçamentos amplos para evitar a senescência precoce das folhas localizadas na base da planta. O uso desta prática reduziria o ponto de inserção do legume e aumentaria o número de nós produtivos.

CONCLUSÕES

Em função dos resultados obtidos e das análises estatísticas realizadas, as seguintes conclusões são apresentadas:

1. As estimativas de herdabilidade para o caráter "estatura da planta na floração", para os quatro cruzamentos, foram consistentemente maiores que as obtidas na maturação, mostrando que, para o mesmo caráter, ocorrem fases no desenvolvimento da soja, em que a aplicação da seleção deve ser mais eficaz;

2. Parece provável que ocorra na soja uma relação nó x folha x legume, indicando que o "ponto de inserção do primeiro legume" na planta depen-

de diretamente do "ponto de inserção da primeira folha".

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L.A. Correlações fenotípicas e de ambiente, efeitos diretos e indiretos em variedades de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Viçosa, UFV, 1979. 44 p. Tese Mestrado.
- BRIM, C.A. Quantitative genetics and breeding. In: CALDWELL, B.E., ed. Soybeans; improvement, production and uses. Madison, American Society and Agronomy, 1976. p. 155-86.
- CAMACHO, L.H. Varianzas genéticas y herdabilidad de características vegetativas y reproductivas de la soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Separata da Rev. Inst. Colomb. Agropecu. (ICA), 9(3):345-52, 1974.
- FALCONER, D.S. Introducción a la genética cuantitativa. 6. ed. México, Continental, 1976. 430 p.
- FHER, W.R.; CAVINESS, C.E.; BURMOOD, D.T. & PENNINGTON, J.S. Stage of development descriptions for soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill). *Crop. Sci.*, 11(6):929-31, 1971.
- GILIOLI, J.L. Herança do número de dias para a floração e maturação, em quatro mutantes naturais em soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Viçosa, UFV, 1979. 42 p. Tese Mestrado.
- JOHNSON, H.W.; ROBINSON, H.F. & COMSTOCK, R.E. Estimates of genetic and environmental variability in soybeans. *Agron. J.*, 47(7):314-8, 1955.
- MARTIN, J.R. Inheritance of height of podding in soybeans. Lafayette, Indiana, Purdue University. 1972. 24 p. Tese Mestrado.
- MAHMUD, I. & KRAMER, H.H. Segregation for yield, height and maturity following a soybean cross. *Agron. J.*, 43(12):605-9, 1951.
- SHANMUGASUNDARAM, S.; TSUO, S.C.S. & TOUNG, T-S. Selection of plant types in breeding tropical soybeans. *Bull. Inst. Trop. Agr.*, 2:25-39, 1977.